

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-253848

(43)Date of publication of application : 25.09.1998

(51)Int.Cl.
G02B 6/293
G02B 5/20
G02B 5/28
G02B 6/12
H04B 10/02

(21)Application number : 09-096340

(71)Applicant : JAPAN AVIATION ELECTRON IND LTD

(22)Date of filing : 10.03.1997

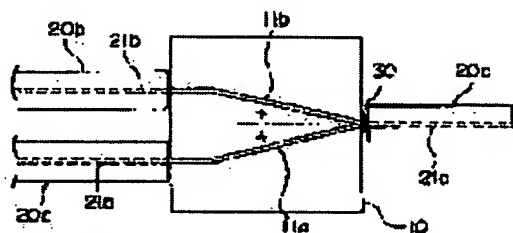
(72)Inventor : MIYASHITA TAKUYA
UKECHI MITSUO
SEKIGUCHI HISAO

(54) OPTICAL WAVELENGTH COUPLING/BRANCHING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a small, high performance and easily manufacturable wavelength coupling/branching device by constituting it of light waveguides which are arranged on a light waveguide base board and cross each other on one end surface of the light waveguide base board and an optical filter which is arranged on an end surface of the light waveguide base board on which the light waveguides cross each other and reflects the light having a first wave length and passes the light having a second wave length.

SOLUTION: Light waveguides 11a and 11b are formed on a light waveguide base board 10, and the light waveguides 11a and 11b cross each other on a right end surface by reaching the right end surface from a left end surface of the light waveguide base board 10. An end part of a core 21a of optical fiber 20a and an end part of a core 21b of optical fiber 20b, are respectively opposed to left end parts of the light waveguides 11a and 11b. An end part of a core 21c of optical fiber 20c is opposed to a right end part where the light waveguides 11a and 11b cross each other, and an optical filter 30 is arranged on a right end surface of the light waveguide base board 10 between right end parts of the light waveguides 11a and 11b and the end part of the core 21c. Here, the optical filter 30 reflects the light having a first wave length, and passes the light having a second wave length.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 15.04.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3357979

[Date of registration] 11.10.2002

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 10 - 253848

(43) 公開日 平成 10 年 (1998) 9 月 25 日

(51) Int. Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G02B 6/293			G02B 6/28	C
5/20			5/20	
5/28			5/28	
6/12			6/12	F
H04B 10/02			H04B 9/00	U
審査請求 未請求 請求項の数 7 書面 (全 8 頁)				

(21) 出願番号 特願平 9 - 96340

(22) 出願日 平成 9 年 (1997) 3 月 10 日

(71) 出願人 000231073

日本航空電子工業株式会社

東京都渋谷区道玄坂 1 丁目 21 番 2 号

(72) 発明者 宮下 拓也

東京都渋谷区道玄坂 1 丁目 21 番 2 号 日

本航空電子工業株式会社内

(72) 発明者 請地 光雄

東京都渋谷区道玄坂 1 丁目 21 番 2 号 日

本航空電子工業株式会社内

(72) 発明者 関口 久夫

東京都渋谷区道玄坂 1 丁目 21 番 2 号 日

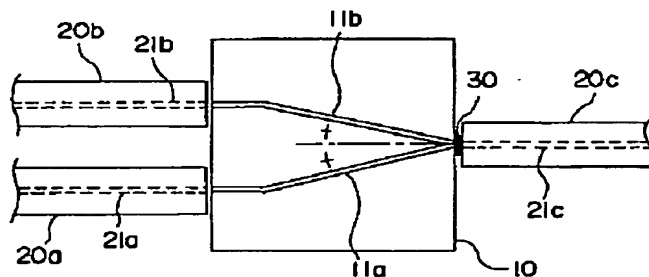
本航空電子工業株式会社内

(54) 【発明の名称】 光波長合分波器

(57) 【要約】

【課題】 従来の光波長合分波器は光導波路基板上に 2 本の光導波路を近接して形成した光方向性結合器方式、あるいは光導波路基板上に形成された溝に光学フィルタを挿入、固定したフィルタ挿入方式の光波長合分波器であった。この何れ的方式でも良好な特性の波長合分波器を大量に製作することは困難であった。

【解決手段】 光導波路基板上にその端面で交わる光導波路を設け、更にこれらの光導波路が交わる光導波路基板の端面に第 1 の波長の光を反射し第 2 の波長の光を透過する光学フィルタを設ける。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】複数の波長の光を合波しあるいは分波する光波長合分波器であって、

光導波路基板（10）、

光導波路基板（10）上に設けられ、かつ、光導波路基板（10）の少なくとも1つの端面で交わる光導波路

（11a、11b）、

光導波路（11a、11b）が交わる光導波路基板（10）の端面に設けられ、かつ、第1の波長の光を反射し第2の波長の光を透過する光学フィルタ（30）、
からなることを特徴とする光波長合分波器

【請求項 2】請求項 1 に記載の光波長合分波器において、

光学フィルタ（30）が反射防止膜を被覆した誘電体多層膜からなることを特徴とする光波長合分波器

【請求項 3】請求項 2 に記載の光波長合分波器において、

第1の波長の光がデジタル信号伝送用であり、かつ第2の波長の光がアナログ信号伝送用であることを特徴とする光波長合分波器

【請求項 4】請求項 2 に記載の光波長合分波器において、

第1の波長の光の波長の幅が第2の波長の光の波長幅より狭いことを特徴とする光波長合分波器

【請求項 5】請求項 1 乃至 4 に記載の光波長合分波器において、

光学フィルタ（30）を設けた光導波路基板（10）の端面において、その局部あるいは全面が、光導波路基板（10）の側面に対して、斜めに形成されていることを特徴とする光波長合分波器

【請求項 6】請求項 5 に記載の光波長合分波器において、

V溝（61）が形成され、かつ、V溝（61）の端部が光導波路（11）の端部と対向する、光ファイバ固定基板（60）、

前記V溝（61）上に固定された光ファイバ（20）、とを更に備えたことを特徴とする光波長合分波器

【請求項 7】請求項 6 に記載の光波長合分波器において、

光導波路基板（10）と光ファイバ固定基板（60）が Si 基板により一体的に形成されていることを特徴とする光波長合分波器

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は光通信に使用される光波長合分波器に関し、特に製造容易かつ小型な光波長合分波器に関する。

【0002】

【従来の技術】光通信において、大容量の情報を伝送し、また双方向への同時情報伝送を可能とするために、

複数の波長の光を1つの伝送路で伝送する光波長多重方式が用いられている。光波長多重方式には、異なる伝送路から来た複数の波長の光を1つに合流させる波長合波器及び1つの伝送路に含まれる複数の波長の光を分離する波長分波器が必要とされている。そして、機能的に波長合波器と波長分波器を兼用する波長合分波器を用いることで、光波長多重方式システムを効率よく構成することができる。従来の光波長合分波器を図10～図12に示す。図10は光方向性結合器方式の光波長合分波器であり、光導波路基板10上に2本の光導波路11a、11bが近接して形成されている。光導波路11aはその2つの端部が、光導波路基板10の2つの端面それぞれに到達し、光ファイバ20aのコア21a、光ファイバ20cのコア21cそれぞれの端部と対向している。光導波路11bは端部の一方のみが、光導波路基板10の端面に到達し、光ファイバ20bのコア21bの端部と対向している。光導波路11aと光導波路11bが近接していることから、この間で光エネルギーの交換（分布結合）が行われる。光導波路11aと光導波路11bの間隔は、第1の波長の光のすべてが一方の光導波路から他方の光導波路へ移行し、第2の波長の光は移行しないように調整されている。光ファイバ20aを通じて前記第1の波長の光と第2の波長の光が混合した光が光導波路11aに注入される。このうち、第1の波長の光は光導波路11aから光導波路11bへ移行し、さらにその端部から放射した光が光ファイバ20bへ注入される。一方、第2の波長の光は光導波路11aをそのまま通過し、光ファイバ20cに対向する側の端部から放射した光が光ファイバ20cへ注入される。このように、光ファイバ20a中の2つの波長の光がそれぞれ光ファイバ20b、光ファイバ20cに分離することになり、光導波路基板10は光分波器として機能する。また、光ファイバ20bから第1の波長の光を、光ファイバ20cから第2の波長の光を、それぞれ光導波路11b、光導波路11aへ注入することを考える。第1の波長の光は光導波路11bから光導波路11aへと移行し、一方第2の波長の光はそのまま光導波路11aを通過する。この結果、第1の波長の光と第2の波長の光が共に光導波路11aを通して光ファイバ20aに注入されることとなり、光導波路基板10は光合波器として機能する。図11はやはり光方向性結合器方式の光波長合分波器である。光導波路11aがY分岐して光導波路11cとなつて、光導波路基板10の端面に達し、光導波路11cの端面は光ファイバ20dのコア21dの端部と対向している。この点以外には、図10と変わることはない。第1の波長の光と第2の波長の光を混合した光を光ファイバ20aから光導波路11aに注入した場合、第1の波長の光が11bに移行し、第2の波長の光は11aを通過することは図10と同様である。第2の波長の光は光導波路11aがY分岐していることから光導波路11c

にも分けられ、光ファイバ 2 0 c 及び光ファイバ 2 0 d に注入される。光合波器として機能するときには、光ファイバ 2 0 c のみならず光ファイバ 2 0 d から、第 2 の波長の光を注入合波することができる。

【 0 0 0 3 】 図 1 2 はフィルタ挿入方式の波長合分波器である。図 1 2 A は平面図を図 1 2 B は側面図を示す。光導波路基板 1 0 の上に光導波路 1 1 a、1 1 b、1 1 c が形成され、さらに光導波路基板 1 0 の縦方向に形成された溝に光学フィルタ 3 0 が挿入、固定される。光導波路 1 1 a は光導波路基板 1 0 の左端面から溝に達し、溝面と角度をもって交わっている。光導波路 1 1 b は光導波路基板 1 0 の左端面から溝に達し、光導波路 1 1 a とは溝面の法線に対して正負反対の角度で、溝面と交わっている。そして、光導波路 1 1 a と光導波路 1 1 b は溝面において交わっている。光導波路 1 1 c は光導波路基板 1 0 の右端面から、光導波路 1 1 a、1 1 b が交わる溝面とは反対側の溝面に達し、光導波路 1 1 a の延長方向になるようにこの溝面と互いに交わっている。光学フィルタ 3 0 は光導波路 1 1 a と光導波路 1 1 b が交わる端部に対向して溝内に設置されている。さらに、光導波路 1 1 a、1 1 b、1 1 c の端部それぞれに、コア 2 1 a、2 1 b、2 1 c の端部が対向するように、光ファイバ 2 0 a、2 0 b、2 0 c が設置される。ここで、光学フィルタ 3 0 は第 1 の波長の光を反射し第 2 の波長の光を透過するように調製されている。光ファイバ 2 0 a を通して、第 1 の波長の光と第 2 の波長の光を混合した光を光導波路 1 1 a に注入する。すると第 1 の波長の光は光学フィルタ 3 0 で反射されて光導波路 1 1 b を通過し、光ファイバ 2 0 b に入ってゆく。また、第 2 の波長の光は光学フィルタ 3 0 を透過し、光導波路 1 1 c を經由して光ファイバ 2 0 c に入ってゆく。このようにして、波長分波が行われる。逆に、光ファイバ 2 0 b に第 1 の波長の光を光ファイバ 2 0 c に第 2 の波長の光を通せば、合波された光が光ファイバ 2 0 a に出てくことになる。

【 0 0 0 4 】

【発明が解決しようとする課題】 以上述べた従来の波長合分波器には問題点があった。光方向性結合器方式においては分波合波特性を良くするためには、光導波路 1 1 a と光導波路 1 1 b が近接している部分の距離を長く取る必要があった。このため、素子が大きくなるとともに、光導波路 1 1 a、1 1 b における損失が大きくなり、分波合波された光の強度が十分ではなかった。また、この近接距離と分波合波特性の関係が極めて微妙である。このため、距離の少しの誤差に起因して、2 つの波長の光が完全には分離せず、波長分離特性の劣化を招き易いため、良好な特性の波長合分波器の製作が極めて困難であった。フィルタ挿入方式にあっては、光導波路基板 1 0 への溝の形成、光学フィルタ 3 0 の別部品としての製造、さらに溝への光学フィルタ 3 0 の挿入、固定

する工程が必要である。このため、工程が複雑であり、大量生産に向いているとはいえない。しかも溝の形成、フィルタの固定には厳格な精度を要し、溝加工の精度や光学フィルタ 3 0 の固定時あるいは固定後の経時変化による光学フィルタ 3 0 の角度ズレが、大きく性能に影響する。

【 0 0 0 5 】 本発明は従来の欠点を除去し、小型、高性能かつ製造容易な波長合分波器を提供することを目的とする。本発明により波長合分波器の小型化、高性能化を図ることができる。さらに、製造工程の簡略化が可能であり、大量生産の容易化、生産性の向上をも図ることができる。

【 0 0 0 6 】

【課題を解決するための手段】 本発明では 光導波路基板 (1 0) 上にその端面で交わる光導波路 (1 1 a、1 1 b) を設け、更にこれらの光導波路 (1 1 a、1 1 b) が交わる光導波路基板 (1 0) の端面に第 1 の波長の光を反射し第 2 の波長の光を透過する光学フィルタ (3 0) を設ける。

【 0 0 0 7 】

【作用】 本願発明に係る波長合分波器にあっては、精度を要ししかも加工困難な溝の形成、溝への光学フィルタの挿入、固定という、工程を経ることなく製造できる。このため、製造が容易であり、かつ高性能な波長合分波器を提供することができる。また、光導波路が短くてすむので素子の小型化をも図ることができる。

【 0 0 0 8 】

【発明の実施の形態】 本発明の第 1 の実施例を図 1 に示す。光導波路基板 1 0 上に光導波路 1 1 a、1 1 b が形成され、光導波路 1 1 a、1 1 b は光導波路基板 1 0 の左端面から右端面に達し、右端面で交わっている。光導波路 1 1 a、1 1 b の左端部には、光ファイバ 2 0 a のコア 2 1 a の端部と光ファイバ 2 0 b のコア 2 1 b の端部が、それぞれ対向している。光導波路 1 1 a、1 1 b の交わる右端部には光ファイバ 2 0 c のコア 2 1 c の端部が対向し、光導波路 1 1 a、1 1 b の右端部とコア 2 1 c の端部の間で、かつ光導波路基板 1 0 の右端面に光学フィルタ 3 0 が設置される。ここで、光学フィルタ 3 0 は第 1 の波長の光を反射し第 2 の波長の光を透過する。第 1 の波長の光と第 2 の波長の光が混合された光が、光ファイバ 2 0 a を通して光導波路 1 1 a に注入される。この光は光学フィルタ 3 0 により第 1 の波長の反射光、第 2 の波長の透過光に分離され、それぞれ光ファイバ 2 0 b、2 0 c に分かれて進む。このようにして、分波が行われる。また、光ファイバ 2 0 b から第 1 の波長の光を光ファイバ 2 0 c から第 2 の波長の光をそれぞれ注入すれば、それぞれの光は反射光、透過光として 1 1 a に入り、いずれも光ファイバ 2 0 a に注入される。このようにして、合波が行われる。

【 0 0 0 9 】 光導波路基板 1 0 の作成は、種々の方法が

適用できる。例えばニオブ酸リチウム基板に T i 拡散で導波路を形成することで行える。また、S i 基板上に火炎堆積法でガラス導波路を形成することもできる。さらに、S i 基板上に有機材料でコア層、クラッド層を作成し、導波路とすることも可能である。これらの方法は、いずれも微細加工技術の利用が可能であり、精度良く導波路を作成できることが知られている。光学フィルタ 3 0 は例えば誘電体多層膜の干渉フィルタを利用できる。そしてその設置は、例えば従来例のように、別に製作した光学フィルタ 3 0 を光導波路基板 1 0 に固定取り付けることで行える。また、真空蒸着等の成膜方法により光導波路基板 1 0 の端面上に誘電体多層膜を直接積層することも可能である。この場合には、光学フィルタ 3 0 の取り付け固定時、及び経時変化による角度ズレを生じることがない。また、製造工程を簡略化して、大量生産を容易にすることにつながる。光学フィルタ 3 0 の形成は、光導波路基板 1 0 の端面上ではなく、光ファイバ 2 0 c の端面上に誘電体多層膜等を成膜することによってすることも可能である。この場合、光学フィルタ 3 0 と光ファイバ 2 0 c の位置ズレを生じないこと、同時に

多数の光ファイバ 2 0 c への光学フィルタ 3 0 の形成が可能であり量産に向く、という長所がある。ここで、光学フィルタ 3 0 に反射防止膜を形成することができる。このようにすれば、光学フィルタ 3 0 上の反射による 1 1 a と 2 1 c 間の光損失を低減できる。さらに、第 2 の波長の光の 1 部が反射されて光導波路 1 1 b に入り込み第 1 の波長に混入すること（クロストーク）、即ち波長分離特性を低下させること、を防止することにもつながる。

【 0 0 1 0 】 第 1 の波長の光を反射光としているが、2 つの波長の光のいずれを第 1 の波長とするかについては、任意性がある。ここで、この決めかたについて述べることにする。光学フィルタ 3 0 の波長分離特性について考える。ここで、クロストークには 2 種類あることに注意する。波長分離後の第 1 の波長の反射光に第 2 の波長の光の一部が反射して混入する場合のクロストークについては既に述べた。この他に、第 2 の波長の透過光に第 1 の波長の光の一部が透過光として混入する場合のクロストークも存在する。これらをそれぞれ反射側クロストーク、透過側クロストークと呼ぶことにする。クロストークは分波前の光の中に第 1 の波長の光と第 2 の波長の光が混合していた割合に依存する。このため、光波長合分波器自体の客観的評価として、クロストークは使いにくい。そこで、光波長合分波器の特性値として、アイソレーション $I s_1$ を定義する。第 1 の波長、第 2 の波長のアイソレーション $I s_1$ 、 $I s_2$ はそれぞれ

$$I s_1 = \Delta I_1 / I_1, \quad I s_2 = \Delta I_2 / I_2,$$

である。ここで、添え字の 1、2 はそれぞれ第 1 の波長、第 2 の波長を、 I_1 、 I_2 は分波前の光の光量を、 ΔI_1 、 ΔI_2 は分波後に他方の波長の光に混入した光

の光量（ ΔI_1 では第 2 の波長の光に混入した第 1 の波長の光の光量）を意味する。第 1 の波長のアイソレーション $I s_1$ が減少すれば第 2 の波長におけるクロストーク（透過側クロストーク）が、第 2 の波長のアイソレーション $I s_2$ が減少すれば第 1 の波長におけるクロストーク（反射側クロストーク）が、それぞれ減少する。即ち、波長分離特性が向上することになる。以下、分かり易さのために $I s_1$ を透過側アイソレーション、 $I s_2$ を反射側アイソレーションと呼ぶこととする。反射防止膜を使用して波長分離特性を向上できることを前提とすれば、光波長合分波器のアイソレーションは、単なる光学フィルタ 3 0 の設計事項にすぎないはずである。しかし、実際に光学フィルタ 3 0 を作成して種々の実験を行った結果、反射防止膜を被覆して反射側アイソレーションを向上するには、一定の限界があることが判った。理論上は反射防止膜によって完全な無反射を達成しうることから、アイソレーションを限りなくゼロに近づけられる。しかし、実験的にはどの光学フィルタ 3 0 でも、フィルタ単体でさえアイソレーション値 1×10^{-4} 以上、即ち入射光の 1 0 0 p p m (0 . 0 1 % , 4 0 d B) 以上が残留反射として残っていた。一方、透過側のアイソレーションの向上には明確な限界はなく、光学フィルタ 3 0 を設計作成することで、透過光量を入射光量の 1 0 0 p p m 以下（アイソレーション値で 1×10^{-4} 以下）とすることは比較的容易であった。これらの実験結果は波長が赤外域（波長 1 . 3 μ m , 1 . 5 5 μ m ）でも、可視域でもほぼ同様であった。この意外な結果は、膜作成時における誤差、積層膜の境界の不完全性が残留反射を残す方向に働きがちであることに起因する。例えば、作成した膜厚が設計値からずれたとすると、この誤差は透過側アイソレーションよりも反射側のアイソレーションに対して、より大きな影響を与える。以上から次のことがいえる。2 つの波長について求められるアイソレーションが異なる場合、即ち透過側アイソレーションと反射側アイソレーションとが異なる場合には、アイソレーションが厳しい方を透過側に設定すべきである。例えば、2 つの波長の光の一方をアナログで、もう一方をデジタルとして信号伝送する場合を考える。デジタルでは 0 か 1 かのみを区別すればよいからクロストークに強い。一方、アナログではさらに細かく信号量を区別しなければならなことから、クロストークによる信号の伝送ミスが発生し易い。従い、アナログはデジタルよりアイソレーションを厳しくする必要がある。このため、アナログ側を透過側、即ち第 2 の波長とすべきことになる。以上までは、波長の幅について特に考慮していなかった。しかし、使用する光の波長には一定の幅がある。これは主として発光素子の発光波長が一定の幅を有することに起因する。2 つの波長それぞれにおいてその幅が等しいわけではない。そして、反射防止膜によって広い波長幅にわたって無反射を達成すること

は、純粹の設計上からしても困難である。一方、透過側アイソレーションについては、光学フィルタ 30 の設計により広い波長幅で良好に保つことが、比較的やすい。このため、使用する波長の幅が異なるときは波長の幅が広い方を第 2 の波長として透過側に設定すべきである。

【0011】光学フィルタ 30 の具体例として、波長 1300 nm を反射側、波長 1550 nm を透過側、光の入射角を 45° とした光学フィルタ 30 を設計、製作した。製作はガラス基板上に Ta₂O₅ と SiO₂ を交互に真空蒸着で 47 層積層することで行い、全層数を 10.1 μm とした。この結果、波長合分波器での透過側アイソレーション値 1×10^{-4} 以下を達成することができた。波長に対するアイソレーションの関係で見ると、透過側アイソレーション値が 1×10^{-4} 以下となった波長範囲は波長の幅で 90 nm (波長 1260 ~ 1350 nm) であった。これに対して、このときの反射側アイソレーションはピーク値でも 1×10^{-4} までゆかず、せいぜい $1 \times 10^{-2} \sim 1 \times 10^{-3}$ 程度であり、波長範囲でもアイソレーション値 1×10^{-2} 以下のときの波長の幅で 15 nm (波長 1555 ~ 1570 nm) にとどまった。以上の材料、層数、全膜厚は 1 例であり、必要に応じて当業者の設計すべき値である。例えば、光の入射角が小さければ、求められるアイソレーション値が同じでも、層数を減らして、製造工程を簡略化することが可能となる。但し、この場合でも透過側の方がアイソレーション値を小さく、波長幅では大きくとれることに変わりはない。

【0012】導波路 11 と光ファイバ 20 間の位置合わせにはさまざまな方法を用いられる。例えば、光を通して導波路 11 と光ファイバ 20 間の位置を変化させて、通過する光量の変化を検出することで、導波路 11 と光ファイバ 20 の最適アライメントを達成できる (アクティブアライメント)。最適アライメントが達成されたら、その状態を保つように導波路 11 と光ファイバ 20 を固定すれば良い。例えば、図 2 に示すように光学接着剤 50 で導波路 11 と光ファイバ 20 間を固定すれば良く、これを変形例の 1 とする。ここで、光学接着剤 50 は導波路 11、光ファイバ 20、光学フィルタ 30 の屈折率を考慮し、導波路 11 と光ファイバ 20 間の光の結合が最も強くなるような、屈折率のものを選択する。適当な屈折率の光学接着剤を選択すれば、導波路 11、光ファイバ 20 の端部での光反射等による接続損失を大きく低減できる。この簡単な手段として、コア 21 の屈折率に合わせることが良く行われる。ここで、前述した反射防止膜を併用することも可能である。この場合には、光学接着剤の屈折率を考慮して、反射防止膜の設計を行うべきである。なお、導波路 11 と光ファイバ 20 との間を直接接続しない場合であっても、屈折率整合材を光学接着剤 50 の代わりに使用することで、接続損失

の向上を図ることができる。屈折率整合材は、例えばシリコン系樹脂を主材料としたものが、マッチングオイルとして一般に市販されている。実施例 1 の変形例の 2 として、図 3 のように光導波路 11 b が光導波路 11 c へと Y 分岐しているものを挙げるができる。図 3 は図 1 とは上下が逆であるが、光導波路 11 b が Y 分岐している点以外は図 1 と実質的に同一である。このようにすれば、光ファイバ 20 a から光導波路基板 10 に注入された 2 波長が混合した光のうち、分波した第 1 の波長の光を光ファイバ 20 b と光ファイバ 20 d へと 2 分岐して使用することができる。また、逆に第 1 の波長の光を光導波路基板 10 に注入し、合波するにあたって、光ファイバ 20 b と光ファイバ 20 d のいずれかを任意に選択すれば良いことになる。また、図 4 は実施例 1 の変形例の 3 であり、光導波路基板 10 に対向して、光ファイバの代わりに光発光素子 41、光受光素子 42 を設置している。図 1 の光ファイバ 20 b の代わりに第 1 の波長に対する光発光素子 41、光ファイバ 20 c の代わりに第 2 の波長に対する光受光素子 42 を設置している。こうすれば第 1 の波長の光での光送信と第 2 の波長の光での光受信を同時に行うことができる。光発光素子 41 と光受光素子 42 の設置は図 2 と同様に、光学接着剤を用いて行える。ここで、光学フィルタ 30 を光受光素子 42 上に積層作成すれば、位置合わせ上、製造工程上有利なのは図 1 の場合と同様である。

【0013】本発明の第 2 の実施例を図 5 に示す。ここでは、光導波路基板 10 の右端面が光導波路基板 10 の側面に対し斜めになっている。図で、光導波路 11 a は光導波路基板 10 の側面に対して平行に形成されている。但し、これは図としての分かり易さのためであり、必ずしも平行でなくてもかまわない。光導波路 11 b は光導波路 11 a と光導波路基板 10 の右端面で交わっており、光導波路 11 a とは光導波路基板 10 の右端面の法線に対する角度が正負逆となっている。光ファイバ 20 c は光導波路 11 a の延長上になるように、コア 21 c の端面が光導波路 11 a の右端面と角度をもって対向している。このようにすれば、光導波路 11 a の端面から直進した光がそのままコア 21 c に注入し、逆にコア 21 c から出射した光がそのまま直進して光導波路 11 a に注入されることになる。この結果、光導波路 11 a と光ファイバ 20 c 間の光損失を低減し、光結合効率の向上を図れる。本発明の第 3 の実施例を図 6 に示す。ここでは、光導波路基板 10 の右端面が、図 5 ではその全面が側面とは斜めになっていたのに対し、導波路が交わっている局部のみが斜めになっている。このようにすれば、光導波路基板 10 と光ファイバ 20 c の間をより接近させることが容易となる。その結果第 2 の実施例よりも更に、光導波路 11 a と光ファイバ 20 c との間の光結合の効率を向上することができる。図 2 の場合に示したように、屈折率整合材を用いることで光結合の向上が

可能なことは言うまでもない。ここで、光導波路 1 1 と光ファイバ 2 0 の間の位置合わせを容易に行う方法を示す。これが図 7 ～ 図 9 である。図 7 は光導波路基板 1 0、光ファイバ 2 0 を固定した光ファイバ固定基板 6 0、抑え板 7 0 の結合状態を示す斜視図である。そして、図 8 は光導波路基板 1 0 と光ファイバ固定基板 6 0 のみを平面図で表わし、図 9 は光学フィルタ 3 0 付近の光導波路基板 1 0 と光ファイバ固定基板 6 0 を拡大して斜視図で示してある。光導波路基板 1 0 自体は図 6 と変わるものではないが、溝 8 0 を境として光ファイバ固定基板 6 0 と一体に形成されている。そして、光ファイバ固定基板 6 0 には光ファイバを固定するための V 溝 6 1 が形成されている。この 1 体構造は、例えば S i 基板等の半導体材料に微細加工を行って V 溝を形成し、しかる後溝 8 0 をダイシング加工することで作成できる。導波路 1 1 の形成は V 溝 6 1 の作成前又は後に行うことができる。V 溝 6 1 及び導波路 1 1 の形成いずれにも微細加工技術を用いれることから、極めて高精度で光ファイバの位置合わせが可能となる。そのうえ、光導波路基板 1 0、光ファイバ固定基板 6 0 の一体構造を S i 基板上に多数個形成し、切り離すことで一度に多数個の量産が可能である。光ファイバ 2 0 の固定は V 溝 6 1 に、例えば接着剤で接着することで行える。更に、図 7 に示した抑え板 7 0 を用いることで、より均一性良く光ファイバを固定できる。これは、図には示されていないが、例えば光ファイバ固定基板 6 0 と抑え板 7 0 をネジ等で締め付けることで達成できる。これは前述の接着剤による固定と併用することも可能である。抑え板 7 0 には光ファイバ 2 0 があたるところに光ファイバ固定溝 7 1 が形成されている。光ファイバ固定溝 7 1 がいない場合に比べ、より光ファイバ 2 0 に広い面積で接触することから、光ファイバ 2 0 に均一に力が加わる。この結果、すべての光ファイバ 2 0 と光導波路 1 1 の結合効率を良好に保つことが可能となる。さらに付け加えるなら光ファイバ固定溝 7 1 及びその間の突出部を弾性体で構成することで光ファイバ 2 0 に加わる力をより均一化し、結合効率を向上することが可能である。

【 0 0 1 4 】

【発明の効果】本発明に係る波長合分波器は溝の形成、溝への光学フィルタの挿入、固定という工程を経ることなく製造できる。また、光学フィルタと光ファイバの間

に光導波路を必要としない。さらに、微少な間隔で近接した長い距離の光導波路を必要としない。このため本発明は製造工程の簡略化、大量生産の容易化、による生産性の向上を図ることができる効果を有する。また、本発明は波長合分波器の小型化、高性能化を図ることができる効果をも有する。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 の実施例を示す平面図である。

【図 2】本発明の第 1 の実施例の変形例の 1 を示す平面図である。

【図 3】本発明の第 1 の実施例の変形例の 2 を示す平面図である。

【図 4】本発明の第 1 の実施例の変形例の 3 を示す平面図である。

【図 5】本発明の第 2 の実施例を示す平面図である。

【図 6】本発明の第 3 の実施例を示す平面図である。

【図 7】光ファイバの位置合わせ方法を示す斜視図である。

【図 8】光導波路基板と光ファイバ固定基板の一体構造をしめす平面図である。

【図 9】図 7 の一部を拡大した斜視図である。

【図 1 0】方向性結合器方式による従来例の 1 を示す平面図である。

【図 1 1】方向性結合器方式による従来例の 2 を示す平面図である。

【図 1 2】フィルタ挿入方式による従来例を示す図である。

【符号の説明】

1 0 : 光導波路基板

1 1、1 1 a、1 1 b、1 1 c : 導波路

2 0、2 0 a、2 0 b、2 0 c、2 0 d : 光ファイバ

2 1、2 1 a、2 1 b、2 1 c、2 1 d : コア

3 0 : 光学フィルタ

4 1 : 光発光素子

4 2 : 光受光素子

5 0 : 光学接着剤

6 0 : 光ファイバ固定基板

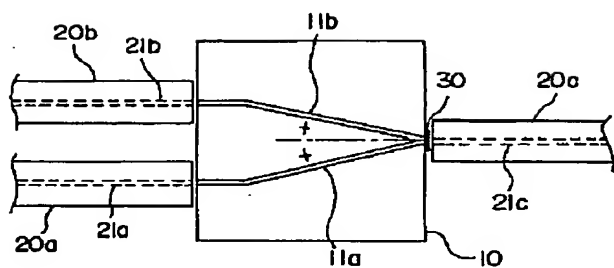
6 1 : V 溝

7 0 : 抑え板

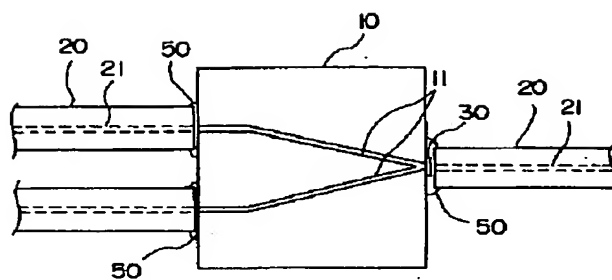
7 1 : 光ファイバ固定溝

8 0 : 溝

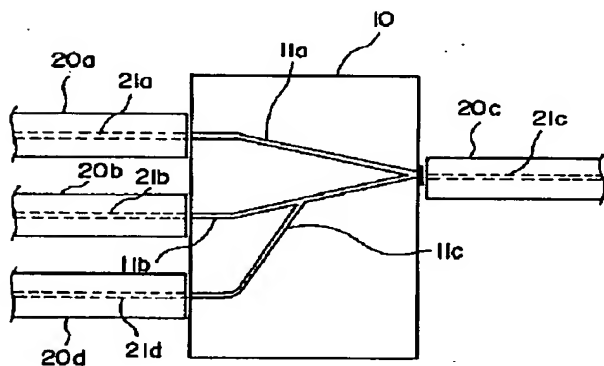
【図 1】



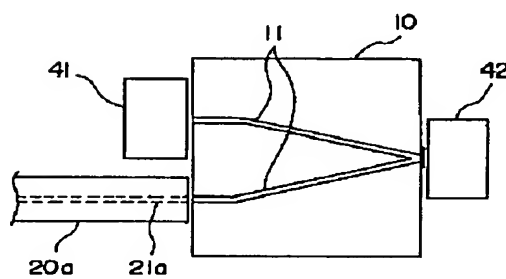
【図 2】



【図 3】

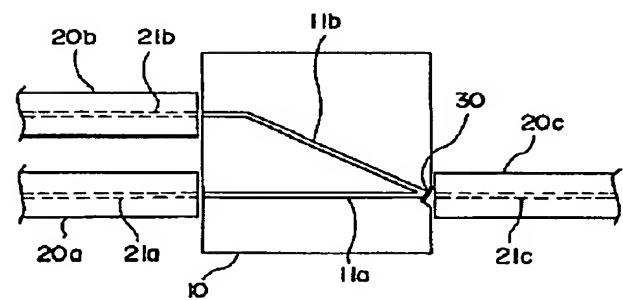
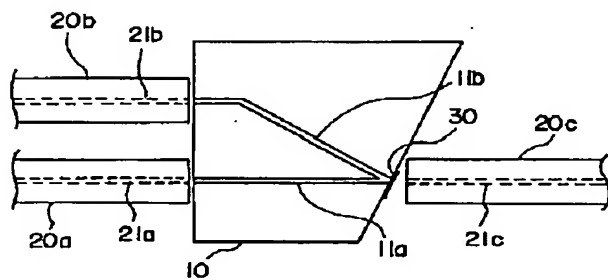


【図 4】

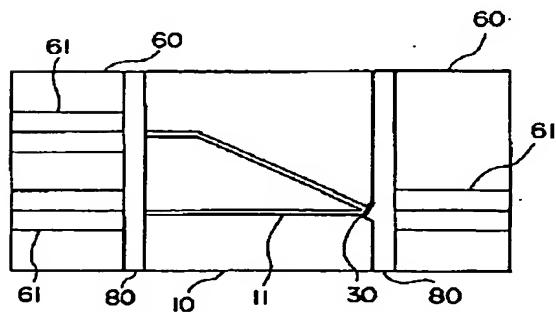


【図 6】

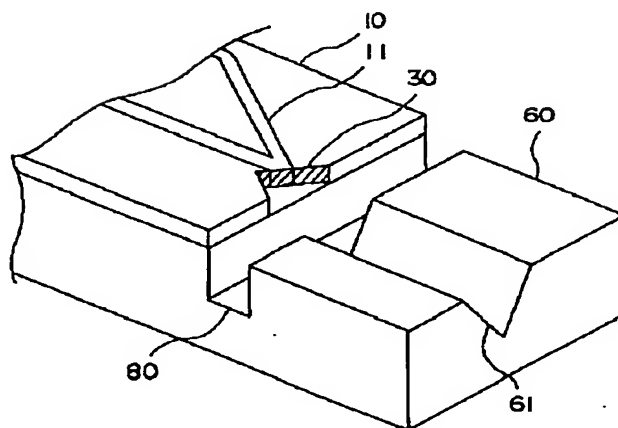
【図 5】



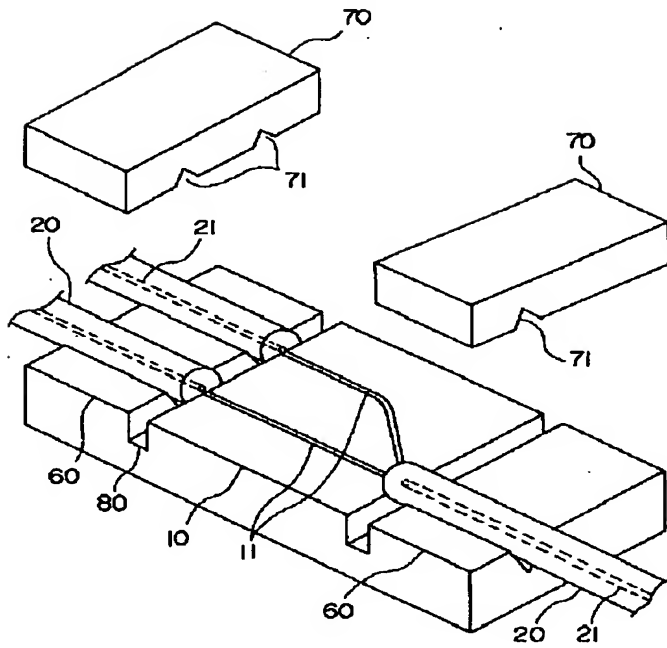
【図 8】



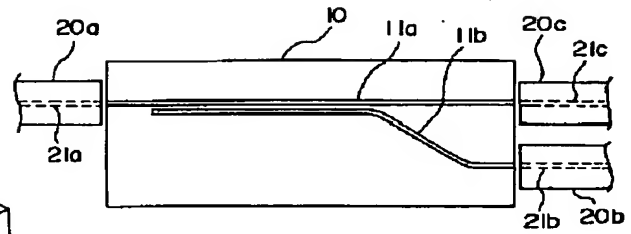
【図 9】



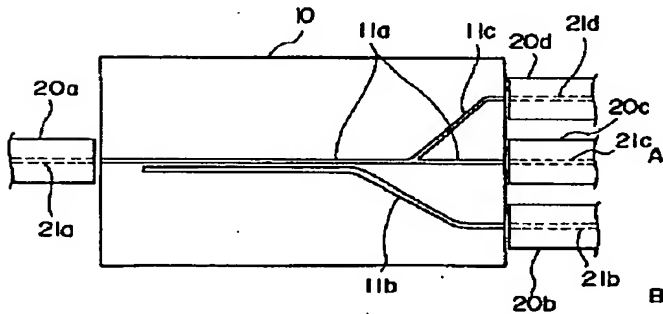
【図 7】



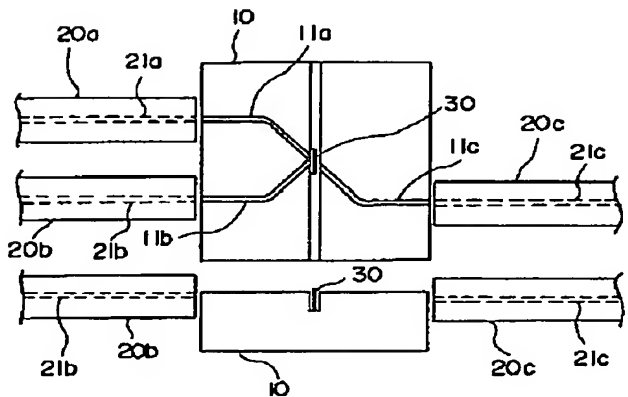
【図 10】



【図 11】



【図 12】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER: _____**

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.